

## 諏訪湖における底質中リン濃度の分布と変遷

吉原茜<sup>1</sup>, 市川雄貴<sup>1</sup>, 宮原裕一<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>信州大学理学部, <sup>2</sup>信州大学山岳科学研究拠点

Distribution and fluctuation of phosphorus content in Lake Suwa sediment

A. Yoshihara<sup>1</sup>, Y. Ichikawa<sup>1</sup>, Y. Miyabara<sup>1,2</sup>,

<sup>1</sup>Faculty of Science & <sup>2</sup>Institute of Mountain Science, Shinshu University

キーワード：諏訪湖，底質，リン，連続抽出法

Keywords: Lake Suwa, Sediment, Phosphorus, Sequential Extraction Method

### 1. はじめに

長野県中央部に位置する諏訪湖は、糸魚川-静岡構造線上に位置する断層湖であり、現在の湖面積は約13km<sup>2</sup>、最大水深は約6mの浅い湖である。諏訪湖では、流域の人間活動にともない窒素やリンを多く含む産業排水、農業排水および生活排水が湖に流入し、1960年代には富栄養化が急激に進行した。その後、下水道整備など各種浄化対策が施され、現在の湖水中全リン濃度は環境基準値(0.005mg-P/L)と同程度まで低下している(宮原, 2018)。また、湖水だけでなく、湖心での底質中リン濃度も過去と比べ減少している(宮原・吉田, 2016)。しかし、現在の諏訪湖全域における底質のリン分布は明らかになっていない。

一般に、湖内では植物プランクトンが無機態リンを吸収・同化する。植物プランクトンをはじめとする生物遺骸に含まれる有機態リンは微生物により分解され、無機態リンとして湖水に回帰する。また、無機態リンは、鉄、アルミニウム、カルシウムなどの金属酸化物やイオンと結合し堆積物へ移行し、嫌気下で金属が還元されると底質から湖水へと回帰する。このように、リンは湖内で様々な形態をとることが知られ、形態別にリンを定量することで、湖沼におけるリンの動態を知ることができる。小松ら(2009)は、底質中のリンを、鉄やマンガンと結合し還元状態で溶出しやすいリン(CDB画分)、アルミニウムと結合しているリン(NaOH画分)、カルシウムと強く結合し溶出しにくいリン(HCl画分: アパタイトリン)、有機態リンの計4形態に分け、霞ヶ浦におけるリン動態の解析を行っている。

本研究では、水質浄化過程にある諏訪湖において、底質のリン分布と経年変化を明らかにすることを目

的とし、湖内22地点で底質を採取し、連続抽出を行い形態別リン濃度の測定を行った。

### 2. 実験方法

#### 2-1 試料採取

##### 2-1-1 底質採取地点

諏訪湖内のリン分布を明らかにするために、湖内22地点で底質を採取した(図1)。これらの採取地点は、長野県衛生公害研究所が1978~1979年に調査を行った場所である(長野県衛生公害研究所, 1982)。採取地点の緯度・経度、採取日、水深は付表1に示した。

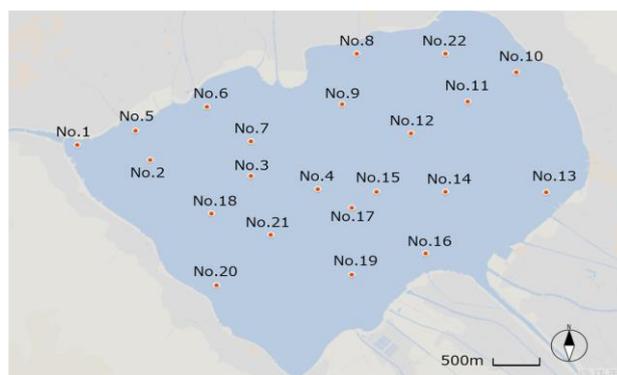


図1 諏訪湖における試料採取地点

底質の採取は2016年9月~10月(2016年秋)と、2017年5月~6月(2017年春)の2回行った。

##### 2-1-2 底質採取方法

長野県衛生公害研究所(1982)と同様、エクマンバージ採泥器を用いて表層底質を採取した。各地点とも3回採取し、それらをバケツ内で混合し、その地点の代表試料とした。それら試料はプラスチック容器に入れ持ち帰り、一昼夜冷暗所で静置した後、上澄み水を除去した。

## 2-2 含水率

底質試料を均一にした後、磁製るつぼに約 5g 精秤し、95℃の乾燥機内で 24 時間乾燥させた（繰り返し数 4）。乾燥後の重量変化から底質試料の含水率（%）を算出した。乾燥させた 4 つの試料のうち 1 つはリン分析用の試料とした。残りの 3 つの試料は、強熱減量測定用の試料とした。

## 2-3 強熱減量

乾燥させた底質が入った磁製るつぼを、電気炉内で 600℃・2 時間加熱した（繰り返し数 3）。強熱後の重量変化から底質試料の強熱減量（%）を算出した。

## 2-4 粒径

湿式・乾式粒度分布測定装置（ベックマン・コールター社 LS13 320）を用いて底質の粒度分布を測定し、平均粒径を算出した（繰り返し数 3）。測定の前処理として、各試料に 10% 過酸化水素水を発泡がなくなるまで入れ、有機物を除去した。また、有機物量が多い地点の試料は 35% 過酸化水素水で処理し、発泡がなくなったことを確認してから粒度分布の測定を行った。

## 2-5 形態別リン分析

小松ら（2009）の方法に基づき CDB（citrate dithionite bicarbonate）溶液、1M NaOH、6M HCl を用いた連続抽出を行い、底質中のリンを形態別に定量した。

### 2-5-1 CDB 抽出

各地点の乾燥試料をメノウ乳鉢ですりつぶし均一にした後、電子天秤で 0.1g ずつ精秤し、50mL のポリエチレン製の遠沈管に入れた（繰り返し数 3）。最初に 0.22M のクエン酸（ $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ）水溶液を 5mL 遠沈管に添加した。次に、0.11M の  $\text{NaHCO}_3$  水溶液を 5mL 遠沈管に添加した。それを、85℃の水浴中で 15 分間静置したのち、素手で触れる温度まで冷まし、亜ジチオン酸ナトリウム（ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ）0.2g を各遠沈管に添加した。 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$  添加後、再び 85℃の水浴中で 15 分間静置し、水冷した。水冷後、1M の NaCl 水溶液 2mL を遠沈管に添加し 10 分間 3000rpm で遠心分離した。遠心分離後の上澄みは 50mL のメスフラスコに移した。残渣の入った遠沈管に再度 1M の NaCl 水溶液を 2mL 入れ、遠心分離し、その上澄みをメスフラスコに入れた。この抽出液が入ったメスフラス

コは蒸留水で 50mL までメスアップし、CDB 画分とした。

### 2-5-2 NaOH 抽出

CDB 抽出後の残渣に、1M の NaOH 水溶液を 16mL 入れ、室温下で 16 時間振とう抽出を行った。振とう後、1M の NaCl 水溶液 2mL を遠沈管に添加し 10 分間 3000rpm で遠心分離した。遠心分離後の上澄みを 50mL のメスフラスコに移した。残渣の入った遠沈管に 1M の NaCl 水溶液 2mL を入れ、遠心分離し、その上澄みをメスフラスコに入れた。この抽出液が入ったメスフラスコは蒸留水で 50mL までメスアップし、NaOH 画分とした。

### 2-5-3 HCl 抽出

NaOH 抽出後の残渣に、蒸留水 4mL と 6M の HCl 2mL を入れ、沸騰水浴中で 30 分間加熱し、水冷した。水冷後、10 分間 3000rpm で遠心分離した。遠心分離後、上澄みをメスフラスコに入れ、蒸留水で 50mL までメスアップし、HCl 画分とした。

### 2-5-4 リン分析

各抽出画分中の無機態リン濃度は、モリブデン青吸光光度法により測定した。また、全リン濃度は、試料に過硫酸カリウムを添加しオートクレーブ処理した後、モリブデン青吸光光度法で測定した。各画分とも底質乾重量あたりのリン濃度を算出し、上記全リンと無機態リンの差分を有機態リンとした。

## 2-6 鉄分析

2017 年春に採取された試料の CDB 画分の鉄濃度を、原子吸光光度計（島津製作所 AA-630-12）を用いて測定し、リンと同様に底質乾重量あたりの鉄濃度を算出した。

## 2-7 統計処理

得られた各抽出画分の無機態リン濃度、有機態リン濃度（計 4 形態）を用いて、エクセル統計（株）社会情報サービスにてウォード法によるクラスター分析を行った。また、各地点の水深、平均粒径、強熱減量、無機態リン濃度、有機態リン濃度について項目間の単相関も計算した。

## 3. 結果

### 3-1 2016 年秋試料

#### 3-1-1 含水率・強熱減量・平均粒径

各地点の含水率、強熱減量及び平均粒径は付表 2 に示した。含水率、強熱減量、平均粒径の平均±標

準偏差は、それぞれ  $82.7 \pm 8.6\%$ 、 $15.7 \pm 2.0\%$ 、 $48.0 \pm 33.9 \mu\text{m}$  であった。このうち平均粒径は、諏訪湖北西部に位置する地点 No.1 が最も大きく ( $123 \mu\text{m}$ )、湖心近くの地点 No.3 が最も小さかった ( $16.4 \mu\text{m}$ )。

### 3-1-2 形態別リン濃度

各地点の形態別リン濃度は付表 3 に示した。CDB 画分の無機態リン濃度 (平均±標準偏差) は  $0.80 \pm 0.22 \text{ mg-P/g-dry}$  であった。NaOH 画分の無機態リン濃度 (平均±標準偏差) は  $0.46 \pm 0.15 \text{ mg-P/g-dry}$  であった。HCl 画分の無機態リン濃度 (平均±標準偏差) は  $0.23 \pm 0.05 \text{ mg-P/g-dry}$  であった。有機態リン濃度 (平均±標準偏差) は  $0.31 \pm 0.07 \text{ mg-P/g-dry}$  であった。全ての地点において、CDB 画分の無機態リンが最も多いリン形態であった。また、全リン濃度 (平均±標準偏差) は  $1.79 \pm 0.37 \text{ mg-P/g-dry}$  であった。諏訪湖北西部沿岸の地点 No.1, 5, 6 では、他の地点と比べて CDB 画分の無機態リン濃度と NaOH 画分の無機態リン濃度が極端に少なかった。

### 3-1-3 統計解析

形態別のリン濃度でクラスター分析を行うと、諏訪湖の底質は 3 つのタイプに分類された。これを地図上にプロットすると、①北西部沿岸、②湖心付近、③それ以外となり、②>③>①の順で全リン濃度が高かった。

形態別リンのうち CDB 画分の無機態リン濃度は平均粒径と強い負の相関 ( $R = -0.78$ )、水深と強い正の相関 ( $R = 0.86$ ) がみられた。NaOH 画分の無機態リンは強熱減量と強い正の相関 ( $R = 0.87$ ) がみられた。

## 3-2 2017 年春試料

### 3-2-1 含水率・強熱減量

各地点の含水率、強熱減量は付表 2 に示した。含水率と強熱減量の平均±標準偏差は、それぞれ  $80.2 \pm 12.9\%$ 、 $12.7 \pm 2.7\%$  であった。

### 3-2-2 形態別リン濃度・鉄濃度

各地点の形態別リン濃度および鉄濃度は付表 4 に示した。CDB 画分の無機態リン濃度 (平均±標準偏差) は  $0.66 \pm 0.28 \text{ mg-P/g-dry}$  であった。NaOH 画分の無機態リン濃度 (平均±標準偏差) は  $0.53 \pm 0.19 \text{ mg-P/g-dry}$  であった。HCl 画分の無機態リン濃度 (平均±標準偏差) は  $0.24 \pm 0.06 \text{ mg-P/g-dry}$  であった。有機態リン濃度 (平均±標準偏差) は  $0.32 \pm 0.07 \text{ mg-P/g-dry}$  であった。また、全リン濃度 (平均±標準偏差) は  $1.75 \pm 0.43 \text{ mg-P/g-dry}$  であった。

一方、CDB 画分中の鉄濃度 (平均±標準偏差) は、 $23.4 \pm 4.9 \text{ mg-Fe/g-dry}$  であった。

### 3-2-3 統計解析

2017 年春試料においても、形態別リン濃度でクラスター分析を行うと、2016 年秋試料と同様な 3 つのタイプに分類された。

また、2017 年春試料においても、形態別リンのうち CDB 画分の無機態リン濃度は水深と強い正の相関 ( $R = 0.92$ ) がみられ、NaOH 画分の無機態リンは強熱減量と強い正の相関 ( $R = 0.78$ ) がみられた。さらに、CDB 画分の無機態リン濃度は CDB 画分中の鉄濃度と強い正の相関 ( $R = 0.89$ ) がみられた。

## 3-3 1977 年底質試料における形態別リンの鉛直分布

1977 年 8 月に福原が諏訪湖・湖心で採取した底質コアの形態別リン濃度を図 2 に示した。底質の表層 0~1cm 深では有機態リンが多く、他の深度よりもリン濃度が高かった。一方、1~11cm 深では CDB 画分の無機態リンが最も多く、リン濃度はどの深度でもほぼ同程度であった。これら 0~11cm までのリン濃度を加重平均すると、全リン濃度は  $3.50 \text{ mg-P/g-dry}$  であった。

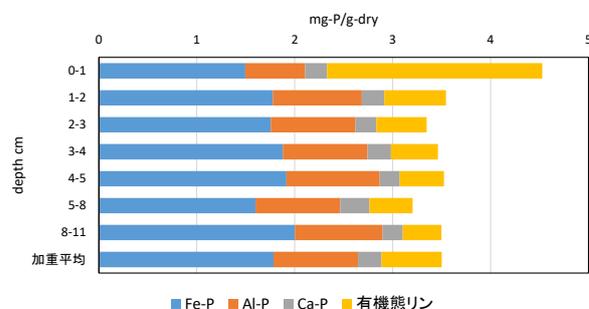


図 2 諏訪湖底質における形態別リンの鉛直分布 (1977 年湖心)

一方、本研究の 2016 年秋試料では全リン濃度が  $2.06 \text{ mg-P/g-dry}$ 、2017 年春試料では  $2.03 \text{ mg-P/g-dry}$  (いずれも地点 No.4 (湖心)) と上記 1977 年の試料よりも全リン濃度が低く、CDB 画分の無機態リンおよび有機態リンの減少が著しかった。

## 4. 考察

### 4-1 湖内でのリンの分布

諏訪湖では北西部沿岸で底質中リン濃度が低かつ

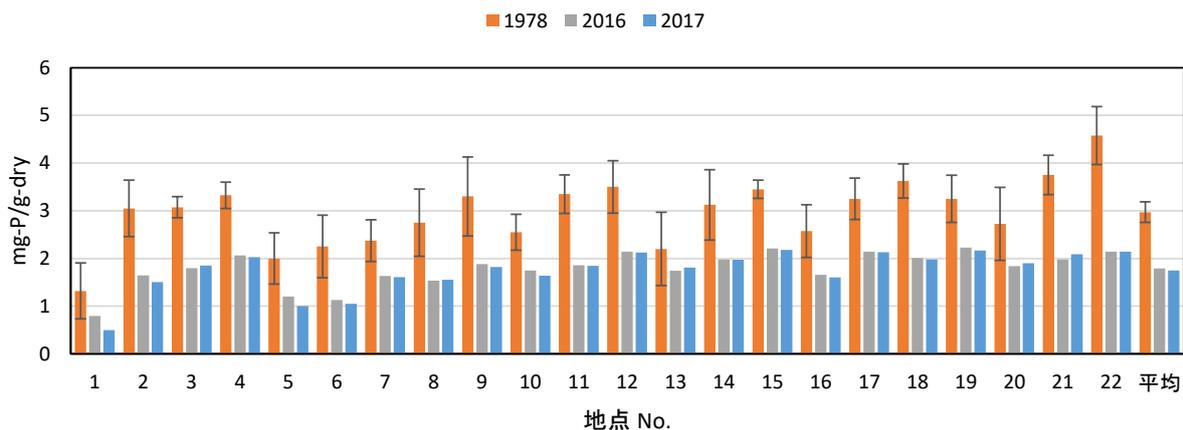


図3 諏訪湖底質中全リン濃度の変化 1978年は長野県衛生公害研究所（1982）より

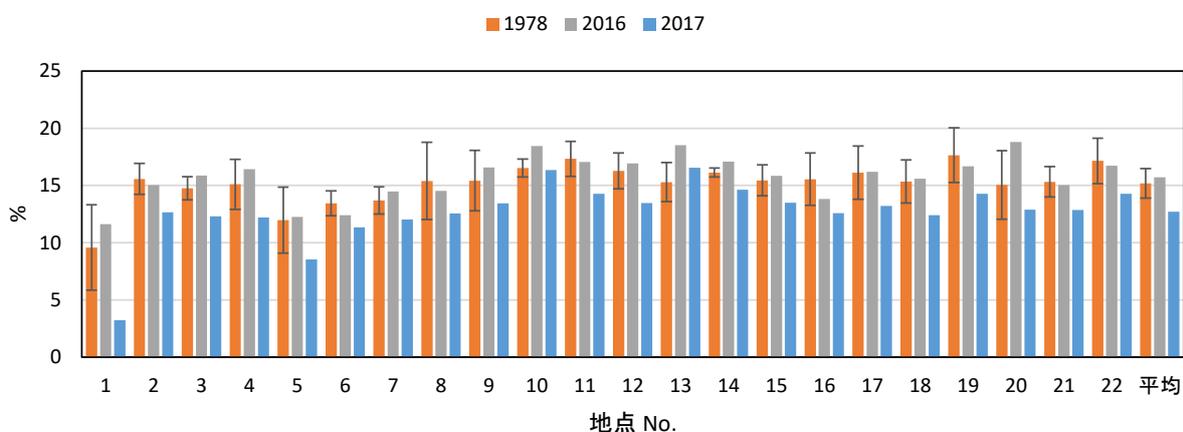


図4 諏訪湖底質の強熱減量の変化 1978年は長野県衛生公害研究所（1982）より

た。現在の諏訪湖底質のリン形態の中で最も大きな割合を占めている CDB 画分の無機態リン濃度は、底質の平均粒径と強い負の相関がみられたことから、底質中でリンは細かな粒子に高濃度含まれていると考えられた。また、水深と粒径にも負の相関 ( $R=-0.81$ ) がみられ、沿岸部では波による洗掘によってリンを多く含む細かな粒子は洗い流され、底質中のリン濃度が低くなったと考えられた。

また、諏訪湖の北西部集水域に比べ、南部集水域には農地が広がりリン使用量が多いため、相対的に北西部の河川から供給される土砂中のリン濃度は低く、諏訪湖北西部沿岸で底質中リン濃度が低くなったものと考えられた。

一方、CDB 画分の無機態リンと鉄には強い正の相関がみられたことから、諏訪湖内でのリンの挙動には鉄が深く関与していることが確認された。鉄の酸化物が還元されるとリンは水中に溶出するため、この CDB 画分のリンは有機態リンと同様、湖水に回帰し生物利用されやすいリンと言える。

#### 4-2 経年変化

長野県衛生公害研究所では、本研究とは異なり、試料を硝酸・過塩素酸分解後にバナドモリブデン法で全リンの定量を行っているが、1978年の諏訪湖湖心の底質表層のリン濃度は  $3.33 \pm 0.28$  mg-P/g-dry（長野県衛生公害研究所、1982）と、本研究での1977年の湖心試料の全リン濃度（ $3.50$ mg-P/g-dry）と大差なかった。そこで、本研究と長野県衛生公害研究所の全リン濃度は比較可能と考え、図3に地点ごとの底質中全リン濃度を示した。湖心（地点4）だけでなく、諏訪湖全域で底質中リン濃度が低下していることが確認された。22地点の平均で見ると、近年の底質中リン濃度は40%減少していた。

この底質中リン濃度の減少には、諏訪湖周辺での下水道の普及が関係していると考えた。1979年から下水道の供用が始まり、その普及率は2000年以降ほぼ100%となっている（長野県諏訪湖流域下水道事務所、2013）。また、諏訪湖へのリン発生負荷量（推算値）も1986年から2011年にかけて  $247$ kg/day か

ら 56kg/day に減少している（自然科学研究機構 国立天文台編，2017）．このように，1977 年と比べ近年では，諏訪湖内へのリン供給量が大幅に減少しており，それが直接または間接的に底質中リン濃度の低下を引き起こしていると言える．特に，底質中有機態リンの減少は，近年の植物プランクトンの減少を反映しているものと思われる．

一方，底質中有機物含有量の指標となる強熱減量については，この間大きな変化はみられなかった（図 4）．諏訪湖への化学的酸素要求量（COD）発生負荷量（推算値）は 1986 年から 2011 年にかけて 4,824kg/day から 3,303kg/day に減少しているが（自然科学研究機構 国立天文台編，2017），リンほど大きな減少ではないため，底質への有機物の負荷量は大きな変化がないと考えられた．また，リンは水溶性が乏しく底質に移行しやすいため，湖へのリン負荷量の減少は底質中リン濃度に反映しやすいが，有機物には水溶性のものもあり，そもそも COD 負荷量と底質の強熱減量の関係が弱いのかかもしれない．

## 5. まとめ

諏訪湖では湖心周辺で底質中リン濃度が高く，北西部沿岸で底質中リン濃度が低かった．

諏訪湖全域で底質中リン濃度が低下していることが確認された．22 地点の平均で見ると底質中リン濃度は 40%減少していた．

湖水に回帰しやすい CDB 画分の無機態リンおよび有機態リンの減少が諏訪湖の湖水中リン濃度の低下を引き起こしていると考えられた．

## 謝辞

信州大学理学部の村越直美先生には，底質の粒径測定にあたり試料の処理や分析操作をご指導いただきました．河北潟湖沼研究所の福原晴夫先生には，解析を進めるうえで必要な過去の諏訪湖底質試料を提供していただきました．この場をお借りし感謝申し上げます．

## 【引用文献】

小松伸行，石井裕一，渡邊圭司，本間隆満，北村立実，根岸正美，岩崎順，2009，富栄養化した霞ヶ浦の堆積物に養殖の痕跡を残すリンの形態と分布，陸水学雑誌，69(3)：193-208

宮原裕一，吉田知可，2016，長野県諏訪湖における水質と底質の経年変化，日本陸水学会第 81 回大会

（那覇大会）

宮原裕一，2018，諏訪湖定期調査（2012~2016）の結果，信州大学山地水環境教育研究センター研究報告，11：5-8

長野県衛生公害研究所，1982，諏訪湖の富栄養化に関する研究，160-173

長野県諏訪湖流域下水道事務所，2013，  
<https://www.pref.nagano.lg.jp/seikatsuhaisui/infra/suidodenki/gesuido/suwako/index.html>（2018 年 1 月 10 日閲覧）

自然科学研究機構 国立天文台編，2017，環境年表平成 29-30 年，丸善出版株式会社，191

（原稿受付 2020.3.9）

付表1 試料採取地点

地点 No.	緯度	経度	2016年秋試料		2017年春試料	
			採取日	水深[m]	採取日	水深[m]
1	36°03'10.82"	138°03'16.26"	10月21日	2.33	5月22日	1.35
2	36°03'05.90"	138°03'46.08"	10月21日	3.82	5月22日	3.90
3	36°02'59.10"	138°04'27.42"	10月7日	5.60	6月14日	5.74
4	36°02'54.42"	138°04'54.98"	10月7日	5.90	5月22日	5.95
5	36°03'16.68"	138°03'40.73"	10月21日	2.55	5月22日	2.25
6	36°03'25.59"	138°04'09.98"	10月21日	3.28	5月22日	3.05
7	36°03'12.46"	138°04'27.13"	10月14日	5.06	5月22日	4.96
8	36°03'45.50"	138°05'10.72"	10月14日	2.97	5月22日	3.35
9	36°03'26.05"	138°05'04.82"	10月7日	5.00	5月22日	5.15
10	36°03'38.71"	138°06'15.12"	10月14日	2.35	6月14日	2.35
11	36°03'27.93"	138°05'55.72"	10月14日	4.40	6月14日	4.50
12	36°03'15.04"	138°05'32.10"	10月7日	5.60	6月14日	5.45
13	36°02'53.08"	138°06'27.07"	9月30日	2.05	5月22日	2.25
14	36°02'53.95"	138°05'46.16"	10月14日	4.80	6月14日	4.70
15	36°02'53.95"	138°05'18.88"	10月7日	5.80	5月22日	5.75
16	36°02'30.07"	138°05'38.03"	9月30日	3.05	6月14日	2.80
17	36°02'47.62"	138°05'08.20"	10月7日	5.95	6月14日	6.09
18	36°02'45.09"	138°04'11.09"	9月30日	5.50	5月22日	5.50
19	36°02'22.03"	138°05'08.00"	9月30日	5.34	6月14日	5.40
20	36°02'18.04"	138°04'13.04"	9月30日	4.60	6月14日	5.50
21	36°02'37.02"	138°04'35.02"	9月30日	5.86	5月22日	6.00
22	36°03'45.74"	138°05'46.72"	10月14日	3.88	5月22日	4.05

付表3 2016年秋試料の形態別リン濃度

地点 No.	CDB無機	NaOH無機	HCl無機	有機態	全リン
	mg-P/g-dry	mg-P/g-dry	mg-P/g-dry	mg-P/g-dry	mg-P/g-dry
1	0.32	0.13	0.23	0.12	0.80
2	0.70	0.35	0.26	0.33	1.64
3	0.88	0.39	0.20	0.33	1.80
4	1.01	0.50	0.20	0.35	2.06
5	0.47	0.23	0.30	0.20	1.20
6	0.35	0.15	0.33	0.30	1.13
7	0.80	0.30	0.22	0.31	1.63
8	0.73	0.35	0.25	0.21	1.54
9	0.81	0.48	0.20	0.39	1.88
10	0.61	0.57	0.21	0.36	1.75
11	0.70	0.59	0.23	0.34	1.86
12	1.02	0.56	0.20	0.36	2.14
13	0.64	0.61	0.24	0.25	1.74
14	0.82	0.60	0.22	0.34	1.98
15	1.06	0.58	0.20	0.37	2.21
16	0.65	0.54	0.24	0.23	1.66
17	1.11	0.54	0.18	0.32	2.15
18	1.05	0.41	0.18	0.37	2.01
19	1.04	0.64	0.19	0.35	2.23
20	0.88	0.46	0.18	0.32	1.84
21	1.03	0.48	0.16	0.30	1.98
22	0.89	0.60	0.41	0.25	2.14
平均	0.80	0.46	0.23	0.31	1.79
SD	0.23	0.15	0.06	0.07	0.37

付表2 底質試料の含水率、強熱減量、平均粒径

地点 No.	2016年秋試料			2017年春試料	
	含水率 %	強熱減量 %	平均粒径 μm	含水率 %	強熱減量 %
1	63.2	11.6	122.6	35.2	3.2
2	85.1	15.0	46.9	87.5	12.7
3	88.8	15.9	16.4	88.9	12.3
4	90.4	16.4	18.2	87.9	12.2
5	68.8	12.2	94.2	58.8	8.5
6	69.5	12.4	92.5	69.7	11.3
7	86.1	14.5	24.0	86.2	12.0
8	76.5	14.5	81.1	72.8	12.5
9	90.5	16.6	34.0	88.6	13.5
10	84.3	18.4	41.5	87.4	16.4
11	82.4	17.1	30.1	82.9	14.3
12	87.6	16.9	59.7	88.7	13.5
13	69.3	18.5	121.4	68.3	16.6
14	81.5	17.1	30.8	82.9	14.6
15	90.8	15.9	17.9	82.3	13.5
16	71.1	13.8	81.2	74.2	12.6
17	88.8	16.2	25.0	89.0	13.2
18	91.9	15.6	30.3	90.8	12.4
19	86.1	16.7	27.0	82.1	14.3
20	90.0	18.8	16.9	88.6	12.9
21	92.2	15.0	19.2	90.9	12.9
22	83.9	16.7	24.9	79.8	14.3
平均	82.7	15.7	48.0	80.2	12.7
SD	8.9	2.0	34.7	13.2	2.7

付表4 2017年春試料の形態別リン濃度と鉄濃度

地点 No.	CDB無機	NaOH無機	HCl無機	有機態	全リン	CDB 鉄
	mg-P/g-dry	mg-P/g-dry	mg-P/g-dry	mg-P/g-dry	mg-P/g-dry	mg-Fe/g-dry
1	0.05	0.08	0.28	0.10	0.50	9.9
2	0.47	0.37	0.29	0.38	1.51	24.2
3	0.81	0.36	0.22	0.45	1.85	27.2
4	0.94	0.49	0.25	0.35	2.03	25.3
5	0.19	0.24	0.32	0.25	1.00	13.6
6	0.19	0.20	0.33	0.33	1.05	15.4
7	0.66	0.37	0.23	0.34	1.61	27.0
8	0.51	0.51	0.27	0.27	1.55	21.3
9	0.79	0.54	0.22	0.27	1.82	25.5
10	0.50	0.55	0.21	0.38	1.64	22.7
11	0.59	0.66	0.28	0.32	1.85	24.2
12	0.91	0.63	0.20	0.38	2.12	26.8
13	0.47	0.80	0.24	0.29	1.81	20.5
14	0.59	0.79	0.23	0.37	1.97	24.8
15	0.97	0.67	0.20	0.34	2.18	28.3
16	0.49	0.66	0.22	0.22	1.60	20.2
17	0.98	0.61	0.17	0.36	2.13	29.3
18	1.03	0.47	0.17	0.31	1.98	25.8
19	0.81	0.81	0.21	0.33	2.17	26.9
20	0.81	0.53	0.20	0.36	1.90	27.4
21	1.05	0.56	0.16	0.32	2.09	25.5
22	0.69	0.73	0.39	0.34	2.15	22.7
平均	0.66	0.53	0.24	0.32	1.75	23.4
SD	0.28	0.20	0.06	0.07	0.43	4.9